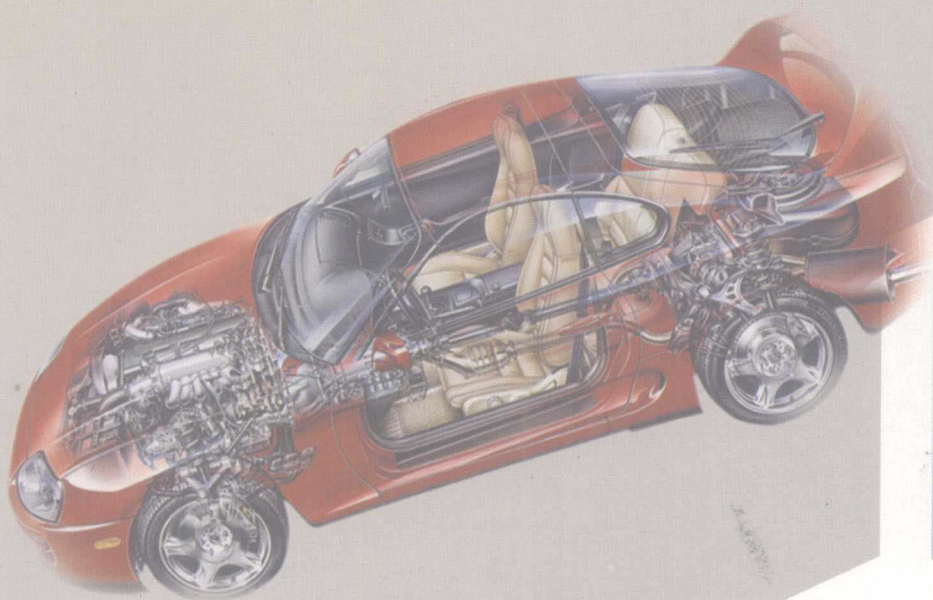


21 世纪高职高专汽车类专业规划教材

汽车电脑与总线技术

主编 刘俊萍



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

21 世纪高职高专汽车类专业规划教材

汽车电脑与总线技术

主 编 刘俊萍

副主编 牛静娟

参 编 贾启阳 毕 竟 王 鹏

武汉理工大学出版社

内容简介

本书对单片机技术的基本知识、汽车电脑的结构原理和汽车总线技术等基础理论知识进行了阐述;同时介绍了电子技术和总线技术在汽车中的应用,分析汽车电脑和汽车总线技术中的常见故障及故障的排除方法,通过具体案例对一些常见故障进行剖析,紧密联系维修中的实际应用,以最小的成本解决汽车维修中实际存在的问题这一思想贯彻始终。主要内容有:单片机技术基础;汽车电脑的结构原理;汽车电脑维修的基本技能;汽车电脑的检修方法;汽车总线技术介绍;CAN总线应用;LIN总线应用;汽车总线故障实例分析等。本书内容充实、新颖,实用性强,可作为高职院校相关专业的教学用书,也可供从事汽车设计和维修等工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电脑与总线技术/刘俊萍主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2009. 1
21世纪高职高专汽车类专业规划教材
ISBN 978-7-5629-2715-0

- I. 汽…
- II. 刘…
- III. 汽车-计算机控制系统-总线-技术
- IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 002849 号

出版:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070)
发行:武汉理工大学出版社发行部
印刷:安陆市鼎鑫印务有限责任公司
开本:787×960 1/16
印张:11.5
字数:265 千字
版次:2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷
印数:1—2000 册
定价:24.00 元
(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

21 世纪高职高专汽车类专业规划教材 编审委员会名单

主任委员:

崔树平 全国机械职业教育汽车类专业教学指导委员会委员
山西机电职业技术学院汽车工程系主任
明平顺 武汉理工大学汽车工程学院副院长,教授
雷绍锋 武汉理工大学出版社社长,教授,博导

副主任委员:

胡 勇 刘俊萍 吴新晓 王贵槐
李铁军 张 智 袁建新 刘永坚

委 员(按姓氏笔画顺序排列)

方应明 王 浩 牛艳莉 石社轩
孙东升 吉武俊 刘鸿健 宋作军
李津津 许崇霞 娄 洁 姚道如
贾丽冬 梁朝彦

总责任编辑 王兆国

秘书长 徐 扬

Foreword

前言

随着汽车工业与电子工业的不断发展,电子技术在汽车上的应用也越来越广泛。尤其是随着单片机技术和总线技术在汽车上的广泛应用,极大地改善了汽车的综合性能,使汽车逐步进入智能化的控制时代。目前汽车上使用的微控制器以通用单片机和高抗干扰及耐振的汽车专用单片机为主,其速度和精度不如计算用微机高,但抗干扰性能较强,能适应汽车振动大等恶劣的工作环境。

随着集成电路和单片机在汽车上的广泛应用,汽车上的电子控制单元越来越多,如果仍采用常规的布线方式,将导致车上电线数目的急剧增加,同时复杂电路也降低了汽车的可靠性,增加了维修难度,车载总线技术就是为了解决这一问题而诞生的。总线技术在汽车上的应用极大地节省了电线的数目,同时也已成为车内各零部件实施信息交互的标准接口。整车的总线网络成为整车的电器平台,也就是说只要有总线存在,就可以在这个总线平台上不断增加汽车的智能化零部件。

汽车电脑控制和汽车总线技术使汽车产品的科技含量越来越高,传统的汽车维修技术和思维方式已经无法适应现代维修技术发展的需要,汽车维修技术从传统的机械修理向现代电子诊断技术与机械修理相结合的修理方式发展,机与电相结合的汽车诊断维修是当代汽车维修技术的核心。

鉴于此,我们编写了《汽车电脑与总线技术》一书,以便大家更为深入地了解汽车电脑的结构原理和维修技术,掌握汽车电脑维修的技能和汽车总线技术的检修方法。

本书作为高职高专院校汽车专业的通用教材,也可供广大汽车维修人员进行汽车电脑和汽车总线维修的参考。

由于时间仓促,作者水平有限,书中的缺点和不妥之处在所难免,敬请广大读者指正。

编者
2008.7



Contents

目 录

1 单片机技术基础	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 单片机的概念	1
1.1.2 单片机的产生及其发展	2
1.1.3 单片机系统的组成及特点	6
1.1.4 数制与码制	8
1.2 MCS-51单片机的硬件结构和工作原理	11
1.2.1 单片机系统的硬件结构	11
1.2.2 单片机各主要部件的工作原理	18
1.3 MCS-51单片机的指令系统与程序设计	29
1.3.1 指令系统和寻址方式的基本原理	29
1.3.2 MCS-51系列单片机的指令系统简介	36
1.3.3 MCS-51系列单片机汇编程序中常用的伪指令	56
1.3.4 汇编语言程序设计简介	58
1.4 中断系统、定时/计数器与串行通信	63
1.4.1 中断系统简介	64
1.4.2 定时/计数器简介	68
1.4.3 串行通信的基本知识	71
1.5 单片机技术在汽车上的应用	75
1.5.1 汽车电子控制技术的发展现状	75
1.5.2 单片机技术在汽车中的应用现状	76
1.5.3 汽车电控单元常用的单片机	78

2	汽车电脑及维修技术	81
2.1	汽车电脑的结构及工作过程	81
2.1.1	汽车电脑概述	82
2.1.2	汽车电脑的结构	85
2.1.3	汽车电脑的工作过程	87
2.1.4	汽车常用电控系统介绍	87
2.2	汽车电脑常用的半导体器件	90
2.2.1	电阻	90
2.2.2	电容器	96
2.2.3	半导体二极管	101
2.2.4	半导体三极管	105
2.2.5	集成电路	110
2.3	汽车电脑维修基本技能	114
2.3.1	汽车电脑维修常用检测设备	114
2.3.2	汽车电脑维修常用工具与焊接技能	121
2.4	汽车电脑检修方法	124
2.4.1	汽车电脑的故障分析	124
2.4.2	汽车电脑检测方法	129
3	汽车总线技术	132
3.1	现场总线的基本概念	132
3.1.1	现场总线简介	132
3.1.2	现场总线的发展	132
3.1.3	CAN 总线的发展现状及前景	133
3.1.4	汽车网络系统重要概念及关键词注释	135
3.1.5	汽车网络参考模型	139
3.1.6	汽车局域网络分类	142
3.1.7	新型总线	144
3.2	CAN 数据总线介绍	149
3.2.1	CAN 总线的特点	149
3.2.2	CAN 总线的组成	150
3.2.3	CAN 数据总线的具体传输过程	151
3.2.4	与 CAN 总线系统相关的 ECU 工作状态描述	153
3.2.5	汽车网络可用的传输介质	154
3.2.6	CAN 总线在汽车车身控制中的应用	156
3.3	CAN 双线式总线系统的检测方法	159

3.3.1	CAN 双线式总线系统	159
3.3.2	三个以上控制单元的双线式数据总线系统的检测	159
3.3.3	宝来汽车 CAN 总线全剖析	160
3.3.4	CAN-Bus 的线连接中心点	161
3.4	LIN-BUS 介绍	163
3.4.1	概述	163
3.4.2	LIN 总线通讯的基本特性及应用优势	164
3.4.3	LIN 的通信规则	165
3.5	低成本 LIN 总线协议在汽车网络中的应用	167
3.5.1	LIN 协议	167
3.5.2	LIN 和系统要求	169
3.5.3	LIN 软件	170
3.5.4	LIN 总线通讯建构车内次要电子控制系统	170
3.6	汽车总线故障实例分析	171
参考文献		174

1 单片机技术基础

1.1 单片机概述

单片机是微型计算机的一个重要的分支,它的出现是计算机技术发展史上的一个重要的里程碑。从此,计算机从单纯的数值计算用途发展到智能化控制用途,计算机技术在两个重要领域——通用计算机领域和嵌入式计算机领域都获得了极大的进展。

1.1.1 单片机的概念

1. 微处理器、微机的概念

微处理器是计算机的核心部件,由运算器和控制器组成。

微型计算机是具有运算和控制功能的计算机,它由微处理器作为它的中央处理单元(即 CPU),还包括存储器、输入/输出设备以及接口电路等。

2. 嵌入式系统与单片机

单片微型计算机,简称单片机(Single-Chip Microcomputer),是微机的一个重要的分支,是一种经典的嵌入式系统(Embedded System)。

那么什么是嵌入式系统呢?

与单纯的高速海量计算要求不同,计算机控制技术在通信、测控、数据传输等领域中的应用,主要表现在以下几个方面:

- ① 直接面向控制对象、嵌入到具体的应用中,而不以计算机的面貌出现;
- ② 体积小,应用灵活;能在现场可靠地运行;
- ③ 突出控制功能,特别是对外部信息的捕捉和丰富的 I/O 功能等。

由此可见,所谓嵌入式系统,就是指面向测控对象、嵌入到实际应用系统中、实现嵌入式应用的计算机系统。

嵌入式系统其最显著的特点是面向工控领域的测控对象,这一特点决定了它与通用计算机在技术发展方向上的本质差别。工控领域的测量对象都是一些物理参量,例

如力、热、速度、加速度、位移等,控制对象都是一些机械参量,这些参量对嵌入式计算机系统采集、处理、控制的速度的要求是有限的,而对控制方式与控制能力的要求是无限的,这从典型嵌入式系统——单片机的“8位机现象”中得到了证实。从1976年8位单片机诞生以来,在单片机领域中一直是以8位机为主流机型,预计这种情况还将继续下去;而与之相对应的通用计算机的CPU却迅速从8位过渡到16位、32位,并向64位飞速挺进。嵌入式系统的出现,特别是单片机的出现,是计算机技术发展史上的一个里程碑。嵌入式计算机系统与通用计算机系统形成了计算机技术发展的两大重要分支:通用计算机系统用以实现海量高速数据处理,兼顾控制功能;嵌入式系统则全力满足测控对象的测控功能,兼顾数据处理能力。两大分支的形成与发展实现了近代计算机技术的突飞猛进。

单片机从体系结构到指令系统都是按照嵌入式应用特点而专门设计的,它能最好地满足面向控制对象、应用系统的嵌入、现场的可靠运行以及非凡的控制品质等要求。因此,单片机是发展最快、品种最多、数量最大的嵌入式系统。用户可根据应用系统的各种要求,广泛选择最佳型号的单片机。目前,国内外公认的标准体系结构是Intel公司的MCS-51系列,其中8051型号的单片机已被许多厂家作为基核,发展了许多兼容系列,所有这些系列都统称为8051系列。

单片机的结构特征是将运算器、存储器、输入设备、输出设备以及控制器等组成计算机的基本部件集成在一块芯片上,构成一台功能独特的、完整的单片微型计算机。这也是单片机刚出现时这一类芯片的典型特征。但随着单片机技术的不断发展,“单片机”已无法确切地表达其内涵,国际上已逐渐采用MCU(Micro Controller Unit)来称呼这一类计算机,并成为界内公认的、最终统一的称呼,而国内由于多年来一直使用“单片机”的称呼,已约定俗成,所以目前仍采用“单片机”这一称呼。

1.1.2 单片机的产生及其发展

1. 单片机的产生

自从1946年2月15日世界上第一台电子数字计算机ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)问世以来,至今已有60多年了。在这60多年中,计算机技术的发展可谓日新月异。然而在最初的20多年里,计算机作为当时最为高精尖的技术一直被政府、军方、科研部门所掌握和控制,其用途也局限在数值计算、逻辑推理及运算等领域。随着计算机主频的不断增长,其运行速度逐渐加快,运算数据的位数不断增多,人们逐渐发现了计算机在实际控制领域无比巨大的发展空间。

在工业控制领域,人们对计算机提出了许多与传统的海量高速数值计算完全不同的控制要求。例如,能面向控制对象,便于控制变量的输入和输出;对控制现场的广泛

适应性,特别是在较为恶劣的环境下工作的稳定性和可靠性;体积小,轻便,便于在控制系统内部嵌入;有丰富的指令系统和 I/O 接口电路,控制能力突出等。

自 1971 年微处理器研制成功以后,以微处理器为核心部件的微型计算机诞生了。在 20 世纪 70 年代中后期,微型机的发展出现了两个不同的方向:

① 高速度、大容量、高性能的高档微型机,这一方向形成了日后广为人知的 PC 机。

典型代表有 Intel 公司的 8086、80286、80386、Pentium(奔腾)以及近几年逐渐普及的 Core(酷睿)系列机型及其兼容机型。目前,这类机型已逐渐发展为集数值运算、数据分析和网络技术应用、多媒体技术等多重功能为一体的综合型计算机,广泛应用于科学研究、工业生产、办公自动化、家庭娱乐等各个领域。

② 功能完善、稳定可靠、价格低廉、面向控制的单片机方向。

单片机将微型机的主要部分集成在一块半导体芯片上,不仅极大地降低了成本,压缩了价格,而且最大限度地缩短了系统内信号的传递距离,提高了系统的运行速度和可靠性。因此,由单片机构成的控制系统成为工业控制系统最为理想的选择,经过 30 多年的发展,如今已经形成一个规格齐全、品种繁多的单片机大家族,其潜力越来越被人们所重视。

2. 单片机的发展概况

单片机的发展历程大致可以分为以下五个阶段。

第一阶段(1974~1976 年):探索阶段。1974 年,美国 Fairchild(仙童)公司研制出世界上第一台单片微型计算机 F8,在家用电器和仪器仪表领域深受欢迎。F8 没有单独运行的能力,它有 8 位 CPU、64 字节的 RAM 和 2 个并行口,需加装一块 3851 芯片(含 1KB 的 ROM、定时/计数器和 2 个并行口)才能完成控制功能。

第二阶段(1976~1978 年):低性能单片机阶段。随着 F8 系列单片机的逐渐流行,其他电气电子行业的厂商也开始对单片机产品的研制开发逐渐重视起来。1976 年,Intel 公司推出了 8 位的 MCS-48 系列单片机,其他一些公司(例如 Motorola、Zilog 等)也先后推出了自己的单片机,取得了一定的成果。这一阶段,多数单片机已经不再需要加装其他芯片就可以单独的运行了,真正实现了“单片”,所以从这一时期开始,单片机被正式命名为“Single-Chip Microcomputer”。但是,它们的性能仍然较弱,属于低档产品。

第三阶段(1978~1982 年):高性能单片机阶段。随着集成技术的提高以及 CMOS 技术的发展,这一阶段的单片机普遍带有串行口、多级中断系统、16 位定时/计数器等,片内 RAM 和 ROM 的容量加大,寻址范围增大到 64KB,单片机的性能也随之改善,高性能的 8 位单片机相继问世。极具代表性的是 1980 年 Intel 公司推出的 8 位高档 MCS-51 系列单片机。由于其性能得到很大的提高,价格更加低廉,应用领域广,得到

了迅速的普及,所以直到现在,它仍不失为单片机的主流机型。

第四阶段(1982年~20世纪90年代):微控制器(MCU)形成阶段。这一阶段的单片机逐渐增加了许多面向测控对象的接口电路,包括ADC、DAC、高速I/O口、计数捕捉与比较、脉宽调制(PWM)、保证程序可靠运行的看门狗定时器(WDT)等。为了满足测控系统的嵌入式应用要求,这一阶段单片机的主要技术发展方向是增强那些用以满足测控对象要求的外围电路(这些电路大多数已超出了一般计算机体系结构的范畴),从而形成了不同于早期单片机特点的微控制器(Micro Controller Unit)。

第五阶段(20世纪90年代至今):微控制器充分发展阶段。早期的单片机以通用型为主,随着市场的扩大,单片机设计生产周期缩短、成本下降,推动了专用型单片机的发展。由于单片机是面向最底层电子应用的技术,在保持通用型单片机(如上文提到的MCS-51系列单片机)旺盛的发展态势的同时,各厂商还推出了各种不同的专用型单片机系列,以满足从玩具、家电到机器人、智能仪表、个人信息终端等不同领域的要求。专用型单片机具有成本低、资源能有效利用、系统外围电路少、可靠性高等优点,其综合品质,包括成本、性能、体系结构、开发环境、供应状态等都有了长足的进步。可以说,目前的单片机进入了一个可供用户广泛选择的时代。

随着集成工艺的不断发展和完善,单片机的集成度将更高,体积将更小,功能将更强,其应用前景将会更加广阔。

3. 单片机的发展趋势

纵观单片机技术数十年来的发展历程,我们不难发现其发展趋势是向着高集成度、大存储量、高性能、低功耗、引脚多功能化、小容量/低价格化、外围电路内装化和芯片专用化等几个方向发展。

(1) 高集成度

随着集成电路制作工艺的不断发展和完善,特别是纳米级芯片的产生,芯片内部的元件数量将会适当增大,体积将会更小,价格也会不断降低。

(2) 大存储量

以往单片机的片内ROM为1KB~4KB,片内RAM为128B~256B,在某些特殊的控制场合,往往因为容量不够而不得不外接片外存储器进行扩充。为了适应特殊领域的要求,人们运用新工艺,使片内存储器大容量化,片内ROM已扩大到64KB,片内RAM已扩大到2KB。随着技术工艺的发展,片内存储器的容量还将进一步扩大。

(3) 高性能

进一步改进CPU的性能,使指令运行的速度加快,位处理、中断和定时控制功能得到有效加强,采用流水线技术,加快运算速度并提高系统的可靠性。

(4) 低功耗

单片机产品的低功耗是靠制作工艺的CMOS化来保证的。由于对低功耗的普遍

要求,目前各厂商推出的产品都采用了 CMOS 工艺。这种工艺的好处可以从 8051 和 80C51 的对比中看到:8051 的功耗为 630mW,而 80C51 的功耗仅为 120mW。随着由单片机所构成的控制系统的微缩化、迷你化,低功耗将是产品设计时首先要考虑的目标。

(5) 引脚多功能化

随着芯片内部功能的增强和资源的丰富,有限的引脚数量已经成为了较为阻碍单片机发展的突出的问题,“一脚多用”的设计方案日益显示出其地位的重要性。

(6) 小容量/低价格化:

这类单片机是将以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化,也是集成电路的重要发展方向之一。

(7) 外围电路内装化

开发单片机产品通常要根据系统设计的要求扩展外围的芯片,随着芯片集成度的不断提高和“以人为本”思想在单片机设计上的体现,今后要逐渐将各种外围功能器件都集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时/计数器等以外,还要将 ADC、DAC、DMA 控制器、脉冲信号发生器、监视定时器、LCD 驱动器等集成到芯片内部。

(8) 芯片专用化

今后,专门针对某些特定产品开发出来的专用型单片机将会越来越多。大到汽车和航天器,小到智能仪表、日用家电,都有专门的单片机产品,例如,大家比较熟悉的智能电表和 IC 卡读卡器等等,未来的单片机将会呈现出多元化的趋势。

20 世纪 80 年代以后,单片机技术得到了非常迅速的发展。从它所处理的数据位数来看,有 4 位、8 位、16 位、32 位甚至 64 位单片机。从技术定位角度上来说,8 位、16 位、32 位和 64 位单片机各有其相应的应用领域和定位,可以预料,16 位以上的高数据位数的单片机将会越来越受到人们的重视,应用也会越来越多。但是衡量单片机,不仅要其性能指标,而且还要看价格和开发周期等综合效益。在许多场合,8 位机已经可以满足需要,如果盲目使用高数据位数的单片机,可能会延长开发周期并增加各项成本,进而提高了产品的营销风险和销售价格,不利于厂商参与市场竞争。因此,在今后相当长的一段时间内,16 位、32 位及 64 位单片机只能不断扩大其应用范围,而不能代替 8 位机。另外,由于 8 位单片机在性价比上占有优势,且 8 位增强型单片机在速度和功能上也可向现在的 16 位单片机挑战,所以,8 位单片机仍将在今后的一段时间里占主流地位。

尽管目前单片机品种繁多,但其中最为典型、销量最多的仍然是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机,它功能强大、兼容性强、软硬件资料丰富,此系列单片机在我国也应用得最为广泛,直到现在仍不失为单片机中的主流机型,因此,本书仍将以讨论研究 MCS-51 系列单片机为主。

1.1.3 单片机系统的组成及特点

1. 单片机系统的组成

单片机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件系统相当于人的四肢和躯干,软件系统则是人的大脑和神经,两者缺一不可。

(1)单片机的硬件系统

在硬件方面,单片机集成了计算机的一些基本组成部件,包括 CPU、数据存储器、程序存储器、并行接口、中断系统、定时/计数器等。在实际应用的控制系统中,还经常需要扩展外围电路和外围芯片,例如存储器、中断源、输入/输出设备等。因此,单片机的硬件系统是在单片机芯片的基础上辅以必要的外围设备所构成的具有一定应用能力的计算机系统。

单片机的输入/输出设备是人与计算机互相联系进行数据处理的设备,即“人机对话”设备,是计算机系统的重要组成部分。常用的输入设备有键盘及各种传感器等,常用的输出设备有显示终端、各种执行机构等。

单片机的直接寻址范围受地址总线的限制,例如,MCS-51 系列单片机具有 16 位地址线,最大寻址范围 64KB,当超出使用范围时,人们便开始使用磁盘等外部存储器支持内存存储器。一般的汽车微机控制系统不需要外部存储器,只要一定容量的内存存储器即能满足要求。

硬件系统作为实体为单片机的应用提供了基础,但是如果缺少软件系统,单片机系统就像人没有大脑神经系统的支配一样处于瘫痪状态。

(2)单片机的软件系统

软件是相对硬件而言的,为了用计算机解决某一问题,通常要将指令和数据编写成一个相互联系的序列,以便计算机能够按次序执行相应的操作,这个由指令和数据组成的序列就叫做程序,软件就是用于运行、管理和维护计算机所编制的程序的总和。单片机的软件系统比较简单,包括系统软件(用于管理单片机系统工作的监控程序)、应用软件(用于完成实际具体任务)两部分。

由于单片机的软件系统较为基础和简单,我们不能在单片机上直接编制程序,需要借助其他计算机(编程机)及相应的软件开发工具来进行编程,编好程序后存入到单片机的程序存储器当中。在单片机的软件开发中,有机器语言、汇编语言和高级语言三种编程方式。

① 机器语言:机器语言是用二进制码表示的单片机指令,可直接由单片机执行,所开发的程序称为目标程序,但使用机器语言编写程序比较麻烦又易出错,对程序员的要求很高,所以使用较少。

② 汇编语言:汇编语言是用助记符表示的指令,所开发的程序称为源程序,是目前最常用的编程方式,但不同的硬件系统(环境)的指令系统不同,要求程序员必须非常熟悉所开发的单片机的指令系统。

③ 高级语言:高级语言也是广泛应用的单片机编程方式,常见的有 BASIC、C 语言等,由于 C 语言的应用较为广泛,且具有便于理解和记忆、通用性好、表达能力强等优点,成为单片机开发、应用的重要趋势之一。

我们编写的程序最终将翻译成单片机能直接执行的目标程序,这个过程称为汇编,单片机没有自己的汇编程序,其软件需要在其他微型计算机上通过专门的汇编程序软件进行汇编。在单片机的应用系统中,只有固化在存储器中的单片机能直接执行的目标程序。

2. 单片机系统的特点

单片机的形式与普通的微型机相比更为简易,独特的结构决定了它具有以下优点:

(1) 高度集成、体积小、功能实用

单片机的芯片上集成了构成微机所需的 CPU、RAM、ROM、各种输入/输出接口以及中断、定时/计数器等部件,为适应控制的需要,有较强的位处理功能和多机通信功能,能满足很多应用领域对硬件的要求,因此单片机应用系统的结构简单,体积小,功能实用。

(2) 功耗低、抗干扰能力强

为了满足便携式系统的要求,许多单片机内的工作电压仅为 1.8~3.6V,工作电流仅为数百微安,因此系统功耗更低;单片机芯片内部设有用于 CPU 访问存储器、I/O 接口的传输总线,不易受外界的干扰;由于单片机体积小,适应温度范围宽,在相对恶劣的应用环境下,容易采取电磁屏蔽等措施。

(3) 使用方便

由于单片机应用系统的硬件设计非常简单,且这类技术在工业生产的各领域普及应用较早,因此国内外相关的开发工具比较多,软硬件调试功能和辅助设计的手段也比较多样,这使单片机的应用极为方便,大大缩短了系统研制的周期。

(4) 性能价格比高

单片机应用系统的印刷电路板小、插件少、安装调试简单,且多用于大批量生产,比一般的微型机系统具有更好的性能价格比,可谓质优价廉。

(5) 工业级芯片可靠性高,易产品化

一般来讲,微处理器分军用、工业用和民用三个等级,可靠性依次递减。工业级产品的可靠性比民用产品强,价格比军用产品低,在单片机应用中,可以根据实际工作环境,选择工业级芯片,保证系统的可靠性。这样可以缩短由系统样机至正式产品的过

渡过程,使科研成果能迅速地转化为生产力。

1.1.4 数制与码制

计算机在运行过程中所涉及的数并不一定都是人们日常使用的数,所以我们有必要了解一下有关数制与码制方面的知识。

1. 数制的概念与常见的数制

数制也称为计数制,是指用一组相对固定的数字符号和统一的规则来表示数值大小的方法。通常我们用进位计数法来进行计数。在进位计数制中有数位、基数和位权三个重要的要素:

数位——数码(用来表示数字的符号)在一个数中所处的位置;

基数——在规定的进位计数制中,每一个数位所能使用的数码的个数;

位权——在规定的进位计数制中,每个数位上的数码所代表的实际数值的大小,等于数码乘以该数码所在数位所代表的一个固定的数值所得乘积的大小。这个固定的数值就是该数位上的位权。

每一种计数制都有一个固定的基数,记为 R (R 为大于 1 的任一正整数),它的每一数位可以取 R 个不同的数值,这种进位计数制称为“ R 进制”;每一种计数制的每一个数位都有固定的位权,且遵循着“逢 R 进一”的原则,若给定一个 R 进制数,小数点左侧第 M 位的位权为 R 的 $(M-1)$ 次幂,小数点右侧第 N 位的位权为 R 的 $(-N)$ 次幂。

下面介绍一些在计算机技术当中常用到的进位计数制。

(1) 十进位计数制(十进制)

十进制计数法是我们日常生活中最常用到也是最习惯于使用的计数法,它具有以下特点:每一个数位所能使用的数码的个数为十,即用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个不同的符号构成数;遵循“逢十进一”的原则,即每个数位从 0 开始计数至 9 之后向左侧上一位进 1。若给定一个十进制数,其小数点左侧第 M 位的位权为 10 的 $(M-1)$ 次幂,小数点右侧第 N 位的位权为 10 的 $(-N)$ 次幂。

例如,给定一个十进制数 86.34,其表示的数值的大小为:

$$(86.34)_{10} = 8 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 4 \times 10^{-2}$$

在计算机中常用十进制数作为数据的输入和输出。在编写程序时,可以直接写出十进制数,或者在十进制数后加“D”来表示十进制数,但是要十分注意不要超出所使用处理器的数据取值范围。

例如,以下两个语句“MOV A, #74”或者“MOV A, #74D”,都可以表示将十进制数 74 放入累加器 A 上。

(2) 二进位计数制(二进制)

计算机中最为直接、最基本的操作就是对二进制数的操作。一个二进制数位称为一个“位”，有时用 bit 表示。其特点是：只用两个数码符号 0 和 1(在实际电路中，0 表示低电平，1 表示高电平)；遵循“逢二进一”的原则，若给定一个二进制数，其小数点左侧第 M 位的位权为 2 的 $(M-1)$ 次幂，小数点右侧第 N 位的位权为 2 的 $(-N)$ 次幂。

例如，给定一个二进制数 11011.101，其表示的数值的大小为：

$$\begin{aligned}(11011.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= (27.625)_{10}\end{aligned}$$

由于二进制数具有“简易可行、稳定可靠、规则简便、适用逻辑”的优点，计算机中数的存储和运算都使用二进制数。在编写程序时，若使用到二进制数，必须在二进制数的末尾加上“B”以区别于其他数制的数，这一点要格外注意。例如，语句“MOV A, #10110110B”表示将二进制数 10110110 放入到累加器 A 上。

(3) 十六进位计数制(十六进制)

由于二进制数在使用时过于冗长、难记、易错，而十进制数虽然容易被人们掌握和理解，但其与二进制数的转换过于复杂，所以一般使用十六进制的数来代替二进制数供人们使用。十六进制的特点为：使用十六个数码符号，自小到大依次为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F；遵循“逢十六进一”的原则，若给定一个十六进制数，其小数点左侧第 M 位的位权为 16 的 $(M-1)$ 次幂，小数点右侧第 N 位的位权为 16 的 $(-N)$ 次幂。大家可以自己试着算一下十六进制数 7F 所表示数值的大小是多少？

如表 1.1 所示，1 位十六进制数和 4 位二进制数具有一一对应的关系，且十六进制数比二进制数“短小精悍、便于使用”，因此，十六进制是计算机中较为常用的计数方法。在编写程序时，若使用到十六进制数，必须在十六进制数的末尾加上“H”以区别于其他数制的数。例如，将上面的例子“MOV A, #10110110B”改写成“MOV A, #B6H”，产生的效果是一样的。

2. 码制的概念及其应用

在计算机中，数值的表示形式是由 0 和 1 组成的二进制机器数，而数值有正负之分，如何在机器语言中表达有符号的数呢？这就需要用到码制。下面就来认识一下机器数的码制。

(1) 原码

MCS-51 系列单片机是高性能的 8 位单片机，可以寻址 8 位数据，即每个字节(Byte)有 8 个位(bit)，存取一个 8 位二进制数。若没有符号，则它的十进制取值范围为 $(0 \sim 255)$ 。但是当处理带符号的数时，它的取值范围将要发生变化。我们将 8 位二进制数的最高位定义为数的符号位，0 为正，1 为负，则这样的 8 位二进制数我们称为机器数的原码，它的取值范围是 $(-127 \sim -0, +0 \sim +127)$ 共 256 个。